

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



" MULTIPLEXAJE, ESTRUCTURA DE LA TRAMA 2M, Y
JERARQUIZACION EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES
VIA MICROONDAS "

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JESUS GARCIA JIMENEZ

ASESOR: ING. ALFONSO CONTRERAS MARQUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario: Comunicaciones

"Multidexaje, Estructura de la Tema 2M, y Jerarquización en un Sistema de Comunicaciones Vía Microondas",

que presenta el pasante: Jesús García Jiménez
con número de cuenta: 8710116-6 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 20 de Febrero de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>01</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras</u>	<u>[Firma]</u>
<u>02</u>	<u>Ing. Juan González V.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>03</u>	<u>Ing. Francisco Tellitúa I.</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VOBOSEN

Dedico este trabajo en primer lugar y con gran cariño a mi madre: Andrea Catalina Jiménez, porque siempre puedo contar con ella, en su momento supo apoyarme ante las barreras que se presentaban en el camino, le debo el que me haya iniciado en el camino profesional, y si no es que todo, gran parte de este logro se lo debo a ella, su apoyo incondicional me permite culminar una de las metas deseadas.

A mi hermano: José Librado García Jiménez, por su apoyo incondicional en todos los aspectos, quien fue un digno ejemplo a seguir como hermano mayor, su dedicación, su empeño. Muchas cualidades lo caracterizaron. A el también dedico este trabajo(Q.P.D.).

A mi padre José F. G. C. por su presencia durante el curso de mi vida académica.

A mis otros hermanos: Andrés García Jiménez y José Felix García Jiménez.

A mis maestros.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAP1. MULTIPLEXAJE.....	2
1.1. Muestreo.....	3
1.2. Cuantificación.....	6
1.3. Codificación.....	6
CAP2. MULTIPLEXAJE DEL PCM.....	7
CAP3. SECUENCIA DE MULTIPLEXACIÓN.....	9
CAP4. CODEC.....	11
4.1. Señal PCM.....	12
4.2. Códigos.....	13
CAP5. MULTIPLEXORES(características).....	14
5.1. Estructura.....	15
5.2. Eficacia.....	15
5.3. Aptitud para mezclar mensajes de datos de tipos distintos.....	16
5.4. Transferencia de vías.....	16
5.5. Transmisión de señalización.....	17
CAP6. MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE TIEMPO.....	18
6.1. Mezcla de circuitos con velocidades distintas.....	20
6.2. Sincronismo de trama.....	20
6.3. Transmisión de la señalización.....	21
CAP7. ESTRUCTURA DE LA TRAMA Y JERARQUIZACION.....	22
CAP8. ESTRUCTURA DE TRAMA A 2048 kbit/s.....	24
8.1. Longitud de trama.....	24
8.2. Asignación de los bits de la trama del 1 al 8.....	24
CAP9. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO VRC-4 MEDIANTE EL BIT 1 DE LA TRAMA.....	26
9.1. Uso especial del bit 1 de la trama.....	26
9.2. Uso del bit 1 en la multitrama VRC-4 a 2048 kbit/s.....	28
CAP10. VERIFICACIÓN POR REDUNDANCIA CÍCLICA.....	29
10.1. Proceso de multiplicación/división.....	29
10.2. Procedimiento de codificación.....	29
10.3. Procedimiento de decodificación.....	29

CAP11. UTILIZACIÓN DE OTROS INTERVALOS DE TIEMPO DE CANAL	
A 64 kbit/s.....	30
11.1. Señalización.....	30
CAP12. ESTRUCTURA DE MULTITRAMA.....	31
12.1. Asignación del intervalo de tiempo de canal a 64 kbit/s No. 16.....	31
CAP13. JERARQUÍA.....	33
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35

FIGURAS

Diagrama a bloques PCM-TDM.....	2
Onda PAM.....	3
Proceso para obtener la señal PAM multiplexada.....	4
Muestreo.....	5
Analogía simplificada de la formación de la onda PAM.....	7
Multiplexación fija(no inteligente) por división en el tiempo.....	8
Asignación de canales en un sistema inteligente.....	8
Formato de trama CCITT.....	10
Señal PCM.....	12
Circuito compuesto.....	14
Constitución de un enlace con multiplexores.....	15
Tipos posibles de redes con multiplexores.....	17
Principio de multiplexaje por división de tiempo.....	18
Memorización de los caracteres en el multiplexor.....	19
Obtención de la señal PCM.....	22
Estructura de trama de 2, 048 kbit/s.....	23
Cuadro de asignación de bits 1 a 8 en la trama 2048.....	24
Cuadro de asignación de los bits 1 a 8 de la trama para una multitrama VRC-4 completa.....	27
Cuadro de asignación de los bits en el intervalo de tiempo 16 para la señalización asociada al canal.....	31
Tabla de señalización asociada a cada canal.....	32

INTRODUCCIÓN

Las primeras transmisiones de radio eran de carácter digital, transmitiendo señales en código Morse y señales de control de teleimpresoras que utilizaban frecuencias portadoras relativamente bajas, de unos pocos MHz. Las transmisiones de voz resultaron dominantes a frecuencias altas, a frecuencias muy altas y a frecuencias ultraaltas.

El primer uso de los enlaces de datos por radio fue en la región de las microondas a frecuencias superaltas (SHF: 3 a 30GHz) del espectro.

Los primeros sistemas de microondas se empleaban para transmitir señales de televisión y como base para enlaces telefónicos con técnicas de multiplexación por división de frecuencia, pero actualmente se emplean extensamente para transmitir canales de datos multiplexados en el tiempo. Las primeras transmisiones hacían uso de modulación de frecuencia para los canales analógicos de voz, pero en la actualidad se utilizan transmisiones digitales en todas las transmisiones de datos y en la mayor parte de las transmisiones de voz. Un enlace de microondas a 140 Mbits/s puede proporcionar hasta 1920 canales de voz o bien varias comunicaciones de canales de 2Mbits/s multiplexados en el tiempo. Actualmente se emplean sistemas de modulación muy eficientes, para permitir duplicar la velocidad de transmisión hasta los 280 Mbits/s.

El diseño de un enlace de microondas comprende varios procesos, por lo que el presente documento se enfoca a describir únicamente una etapa del enlace: EL MULTIPLEXAJE, ESTRUCTURA DE LA TRAMA 2M y JERARQUIZACIÓN describiendo las demás etapas de manera general.

CAPITULO 1

1. MULTIPLEXAJE.

La modulación por codificación de pulsos es un método de modulación mediante el cual la onda analógica continua se transmite en un modo digital equivalente.

De acuerdo al teorema del muestreo, el canal nominal de 4 KHz se puede muestrear a la velocidad de 8000 muestras por segundo (es decir, 4000×2).

Para obtener la señal MCP a partir de una o varias señales analógicas se requieren tres pasos de proceso: *muestreo*, *cuantificación* y *codificación*. De lo anterior resulta una señal binaria en serie o corriente de bits.

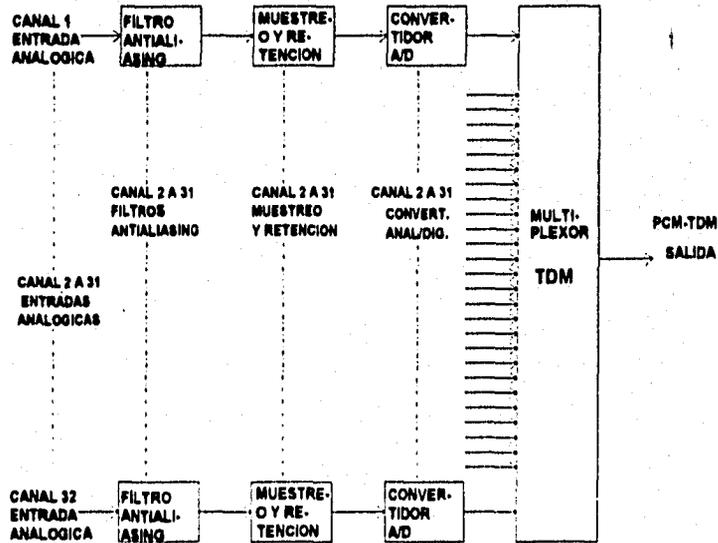


FIG. 1.1.0. DIAGRAMA A BLOQUES PCM-TDM

1.1. Muestro.

Considerando el teorema del muestreo. Si se muestrea el canal de voz estándar del CCITT de 300 a 3400 Hz (ancho de banda de 3100Hz) a la velocidad de 8000 muestras por segundo se cumple con el teorema y se puede esperar que se recupere toda la información de la señal analógica original. Se puede deducir de lo anterior que se toma una muestra cada $1/8000$ seg. o cada $125\mu\text{seg}$.

El multiplexaje por división de tiempo (TDM) en estos sistemas no se realiza sobre un solo canal de voz, sino sobre varios. En la práctica existe un sistema que muestrea 24 canales de voz en secuencia y otro que muestrea 32 canales. Del muestreo resulta la onda PAM (modulación por amplitud de pulsos) en la siguiente figura 1.1.1 se ilustra la onda PAM simplificada, en este caso una senoide simple.

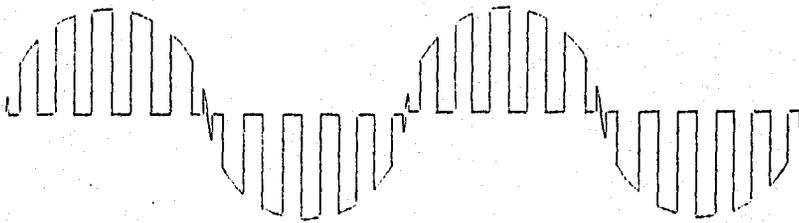


Fig. 1.1.1. ONDA PAM QUE RESULTA DEL MUESTREO DE UNA SENOIDE

En la figura 1.1.2. se muestra el diagrama simplificado del proceso que se usa para obtener la onda PAM multiplexada.

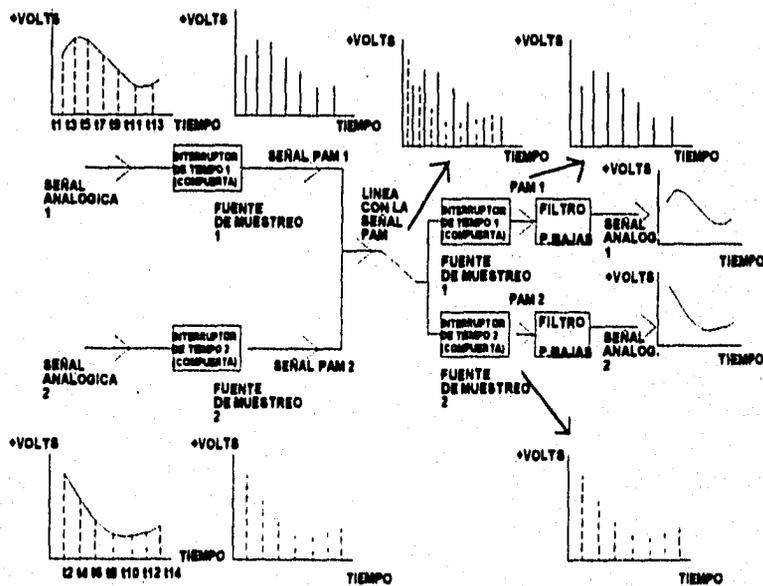


FIG. 1.1.2. Proceso para obtener la señal PAM multiplexada.

Si el canal nominal de voz de 4 KHz se muestrea 8000 veces por segundo; Para formar una onda PAM multiplexada se muestrea sucesivamente un grupo de 32 canales, lo cual se hace mediante compuertas(fig. 1.1.3.). La compuerta se debe abrir durante $3.9\mu\text{seg}$ ($125/32$) para cada canal que se muestrea en sucesión, desde el canal 1 hasta el canal 32. Toda la secuencia completa se debe realizar en el periodo de $125\mu\text{seg}$. Este periodo de $125\mu\text{seg}$ se conoce como trama y dentro de cada trama hay 32 canales(sistema europeo) que se muestrean una vez de manera sucesiva.

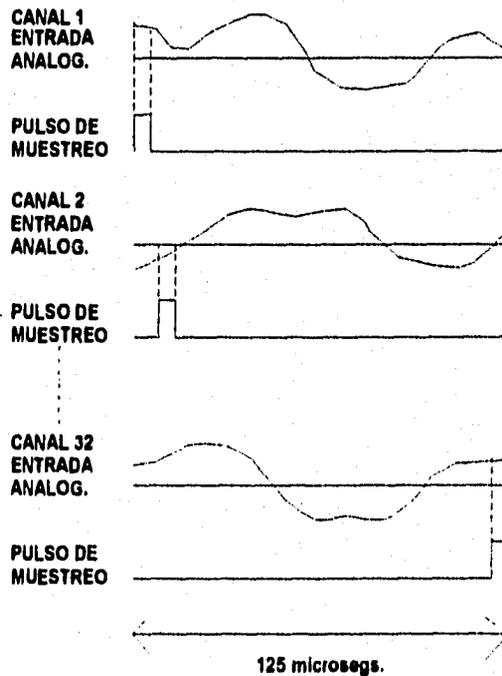


FIG. 1.1.3. Muestreo.

1.2. Cuantificación.

El siguiente paso para formar una corriente PCM de bits en serie es asignar un código binario a cada muestra conforme ésta llega al codificador (fig 7.1.).

1.3. Codificación.

En los sistemas PCM prácticos se usan códigos de siete y ocho niveles:

$2^7=128$ pasos de cuantificación

$2^8=256$ pasos de cuantificación

Al codificar se usan los tres primeros dígitos del código para indicar el número del segmento ($2^3=8$, por ejemplo) y los cuatro dígitos restantes de los ocho del código se usan para dividir cada segmento en 16 partes iguales para identificar con mayor exactitud el paso de cuantificación (por ejemplo, $2^4=16$).

CAPITULO 2

2. MULTIPLEXAJE DEL PCM.

El multiplexaje del PCM se realiza durante el proceso de muestreo (fig.2.1.0.), cuando se muestrean las fuentes secuencialmente. Las fuentes pueden ser los canales nominales de voz de 4 KHz u otras fuentes de información, posiblemente datos o video. El resultado final del muestreo y de la cuantificación y codificación subsecuentes es una serie de pulsos, una corriente de bits en serie ("1" y "0") en la que se requiere alguna indicación o identificación del inicio de la secuencia de exploración. Dicha identificación es necesaria en el receptor del extremo distante para que se pueda saber con exactitud dónde empieza y termina cada secuencia. Aquella se conoce como *alineación* y cada secuencia o ciclo de muestras completo se conoce como *trama* en la terminología PCM.

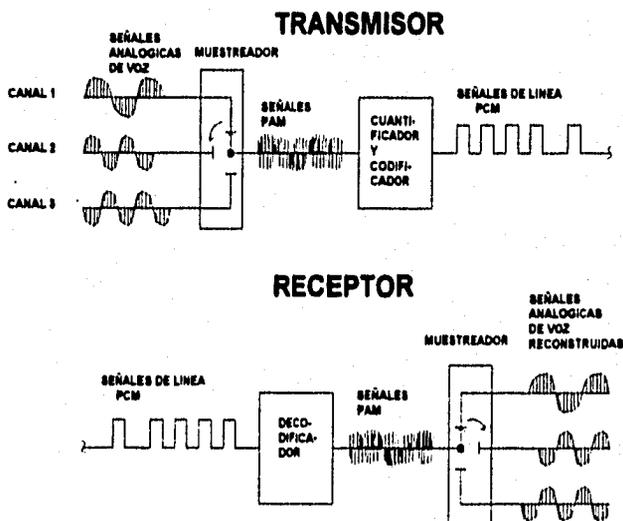


Fig. 2.1.0. Analogía de la formación de la onda PAM.

La multiplexación por división en el tiempo divide la cadena de bits que puede transmitirse por el canal en intervalos que se asignan a cada uno de los usuarios(fig. 2.1.0.).

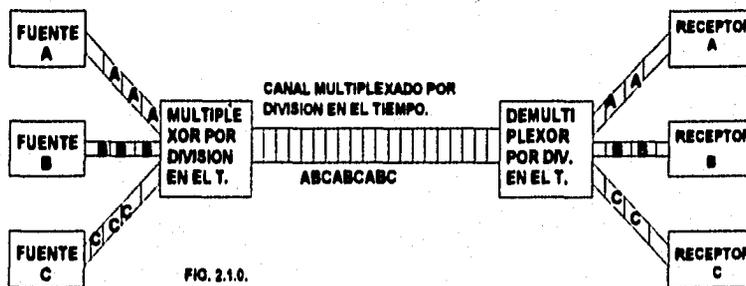


FIG. 2.1.0.
MULTIPLEXACION FIJA(NO INTELIGENTE) POR DIVISION
EN EL TIEMPO

Los multiplexores por división en el tiempo no inteligentes asignan los intervalos de tiempo de forma rígida, consumiendo capacidad de canal si el usuario no tiene datos que transmitir.

CAPITULO 3

3. SECUENCIA DE MULTIPLEXACIÓN.

La señal analógica se muestrea 8000 veces por segundo y la amplitud de la señal se representa mediante una palabra de 8 bits, con lo que la velocidad de cada canal es de, 64000 bits por segundo. En Europa se emplea la ley-A para la codificación de las señales y los canales de voz se multiplexan por división de tiempo en la secuencia:

a) Primaria (CCITT)	30 canales de voz a	2048 Mbits/s
b) De segundo orden	120 canales de voz a	8448 Mbits/s
c) De tercer orden	480 canales de voz a	34 368 Mbits/s
d) De cuarto orden	1920 canales de voz a	139 264 Mbits/s

En estados Unidos se emplea la ley - μ y los canales de voz se multiplexan por división de tiempo en la secuencia:

a) Primaria (T1)	24 canales de voz a	1544 Mbits/s
b) De segundo orden(T2)	96 canales de voz a	6312 Mbits/s
c) De tercer orden(T3)	672 canales de voz a	44 736 Mbits/s
d) De cuarto orden (T4)	4032 canales de voz a	274 176 Mbits/s

La posibilidad de los usuarios privados de acceder a los canales T1 a 1544 Mbits/s en Estados Unidos (según la norma AT&T T 1.5 service) ha extendido mucho las transmisiones de datos en *full-duplex* a alta velocidad. El servicio equivalente que se ofrece en el Reino Unido es el servicio MegaStream que utiliza el formato de tramas definido por el CCITT. En España existe un servicio similar comercializado por Telefónica bajo el nombre de Ibercom.

Los multiplexores diseñados para utilizar con los canales T1 o CCITT pueden ser de intercalado de bits o de intercalado de caracteres, y en su mayoría están diseñados para aceptar datos sincrónicos a una gran variedad de velocidades desde 50 bits/s en adelante. La mayor parte de los multiplexores T1 están diseñados para funcionar en conexiones punto a punto, pero algunos permiten llevar los datos hacia más de un destino mediante un sistema de pérdidas e inserciones (*drop-and-insert*).

El sistema CCITT utiliza señalización por canal asociado. Treinta y dos palabras de 8 bits constituyen una trama CCITT, utilizándose el bit 0(canal 0) para sincronización, y el 16(canal 16), para señalización(fig.3.1.0). Los bits 1 a 15 y 17 a 31 proporcionan los canales de datos.

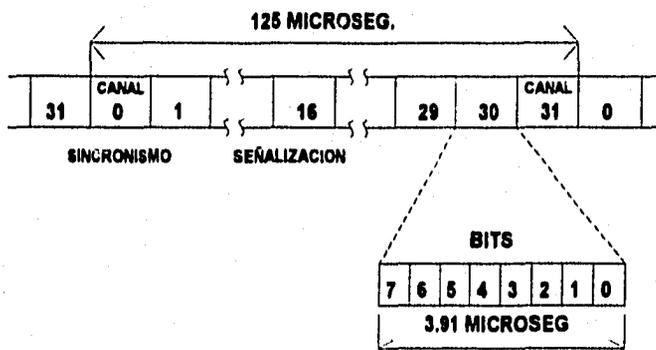


FIG. 3.1.0. FORMATO DE TRAMA CCITT

La multiplexación TDM en intervalos de tiempo fijos acepta datos de cada uno de los canales de usuario en forma de bits, bytes o paquetes, y los intercala. La suma de todos los intervalos de tiempo de todos los usuarios constituye una trama de transmisión. Se emplean unidades de trama(bits, bytes o paquetes, según proceda) al comienzo y al final de cada trama para sincronizar los canales de usuario en la entrada y la salida (multiplexor y demultiplexor). Estos intervalos de trama se usan también para identificar pérdidas de canales y como indicaciones de errores en el enlace.

Los multiplexores que hacen uso de intercalado de bits detectan las pérdidas de sincronización más rápidamente que los de intercalado de caracteres y proporcionan canales de datos completamente transparentes. Sólo los multiplexores que utilizan intercalado de caracteres pueden mejorar el uso de los canales para datos asíncronos eliminando los bits de arranque y parada antes de la transmisión y reemplazándolos en el demultiplexor.

CAPITULO 4

4. CODEC.

El termino "codec" se usa para describir la unidad del equipo que realiza la función de multiplexaje y demultiplexaje y proviene de *codificador-decodificador*, aun cuando el equipo realiza más funciones que la de codificar y decodificar.

En el codec pueden entrar 24 o 30 canales, según sea el sistema que se use; la información se digitaliza y multiplexa y, al final se entrega una corriente de bits en serie de 2,048 Mbps(CCITT) a la línea. Asimismo, puede llegar al codec una corriente de bits en serie a una u otra rapidez de modulación. La información digital se demultiplexa y se hace la conversión de digital a analógico; la salida hacia la red telefónica es de 24 o 30 canales de voz nominales a 4 KHz . En un conjunto de *n* canales (*n* generalmente es igual a 24 o 30), la muestra de cada canal se entrega a su vez a la vía de alto uso de modulación por amplitud de pulsos. La entrega de las muestras se controla mediante un pulso de autorización de canal que se obtiene del reloj de transmisión. La vía de alto uso PAM constituye la entrada al codificador, éste acepta la entrada de cada canal en secuencia y se genera el carácter de señal que corresponde a cada muestra. La salida del codificador es la señal PCM básica que entra al combinador digital en el que se insertan las señales de alineación y sincronía en las ranuras de tiempo adecuadas, asimismo, los dígitos de la señalización de supervisión necesaria correspondiente a cada canal (método europeo) se colocan en una vía de señalización común, con lo que se forma un canal equivalente al de la corriente multiplexada de bits en serie que se transmite a la línea.

En el codec del extremo receptor se acepta la corriente PCM de bits en serie, la cual entra al separador de dígitos donde se regenera la señal y se distribuye la señal PCM a cuatro localidades para su proceso mediante las siguientes funciones:

- 1) Recuperación de Sincronización.
- 2) Decodificación.
- 3) Alineación de Trama.
- 4) Señalización(supervisión).

Con la recuperación de sincronización se mantiene el reloj del receptor en sincronía con el del transmisor; del reloj del receptor se obtienen los pulsos de selección de entrada que necesita el codec PCM del extremo receptor. En el circuito de alineación de trama se detecta la presencia de la señal de alineación de trama en el intervalo correcto y, entonces, se le da a la terminal receptora alineación de trama. bajo el control del reloj del receptor se decodifican en el decodificador las señales de caracteres codificados que corresponden a cada canal.

A la salida del decodificador se obtienen los impulsos reconstituidos que forman la vía PAM. En la compuerta de canal se acepta la vía PAM y se permite el paso de los n canales de la vía PAM en una secuencia que controla el reloj del receptor. La salida de la compuerta de canal se alimenta al filtro de cada canal y, entonces, la señal de voz analógica que se reconstituye pasa a la trayectoria de voz apropiada. Con los pulsos de selección se extrae la información de señalización y se aplica a cada canal de voz que se reconstituye junto con la interfaz de señalización de supervisión.

4.1. Señal PCM.

Las señales de modulación por codificación de pulsos que se transmiten al cable están en modo bipolar como se ilustra en la fig. 4.1.1.

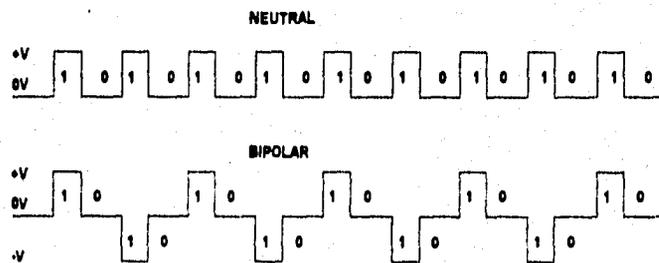


Fig. 4.1.1. Señal PCM.

Se notará que en la transmisión bipolar el "0" se codifica como ausencia de pulso y el "1" se codifica alternativamente como pulsos positivos y negativos, la alternación tiene lugar cada vez que se presenta un "1". Este modo de transmisión se conoce también como *inversión alterna de marca*(IAM).

4.2. Códigos.

Un inconveniente de la transmisión IAM directa es que cuando se transmite una secuencia larga de "0" (es decir, no hay transiciones), puede surgir algún problema de sincronización, ya que no se puede obtener de los repetidores y decodificadores la sincronización cuando no existen transiciones. El problema se puede resolver mediante la prohibición de secuencias de "0" largas y, para ello, se han desarrollado algunos códigos bipolares con substitución de N ceros, los cuales se conocen como códigos "BSNC" (BNZS por sus siglas en inglés); por ejemplo, en el BS6C una señal particular substituye una secuencia de seis "0" (ceros).

Otro código del mismo tipo es el HDB3 (binario 3 de alta densidad), donde el "3" indica que se substituyen las formaciones binarias que tengan más de tres "0" (ceros) consecutivos. En el HDB3, el segundo y tercer ceros de la secuencia se transmiten sin alteración; el cuarto "0" se transmite a la línea con la misma polaridad de la marca que se envió con anterioridad, lo cual constituye una violación al concepto IAM. El primer "0" se puede o no modificar a "1" para asegurar que las violaciones sucesivas sean de polaridad opuesta.

CAPITULO 5

5. MULTIPLEXORES(CARACTERÍSTICAS).

El multiplexor tiene como papel esencial agrupar sobre un único circuito de datos, llamado *circuito compuesto*, las informaciones útiles de los mensajes provenientes de varios circuitos de datos como muestra la fig. 5.1.0.

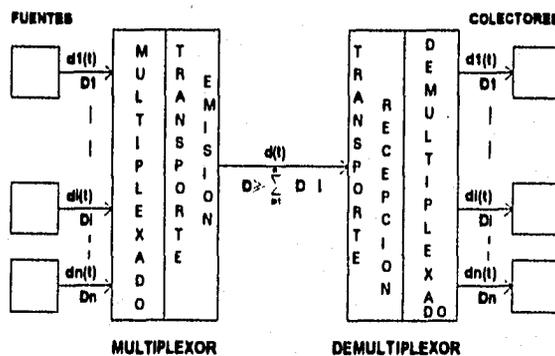


Fig. 5.1.0. Circuito compuesto.

El multiplexado consiste en repartir según una ley fija en el tiempo un soporte común de capacidad D entre varios canales(n) cuya suma de velocidades D_i no puede exceder D . El multiplexor no interpreta los datos que encauza: debe ser *transparente*.

Los Multiplexores:

- son transparentes a los códigos y procedimientos empleados por las fuentes y los destinatarios de información a los que están conectados.
- Necesitan por lo general la presencia de un demultiplexor en el otro extremo del circuito compuesto, para restituir los mensajes de datos iniciales $d_i(t)$.

Hasta hace poco, los multiplexores solían ser elementos lógicos cableados. Esta distinción tiende a desaparecer gracias al advenimiento del microprocesador, que ha hecho posible la puesta a punto de los multiplexores estadísticos sobre los multiplexores clásicos.

5.1. Estructura Funcional.

El principal papel de un multiplexor consiste en combinar los datos provenientes de varias vías de transmisión, llamadas *vías de baja velocidad*, en un solo tren de datos sobre una vía que llamaremos *vía de alta velocidad* o también *vía compuesta*.

Para realizar esta agrupación de datos se utiliza un *multiplexado en frecuencia* o un *multiplexado por división de tiempo*. En ambos casos, la estructura funcional del multiplexor es la misma: (fig. 5.1.1.).

- un órgano de multiplexado.
- unos órganos de vía de baja velocidad.
- un órgano de vía de alta velocidad.

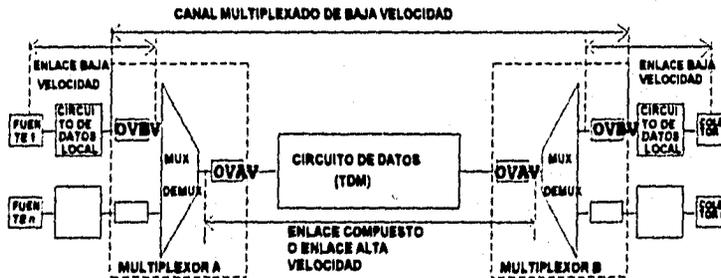


Fig. 5.1.1. CONSTITUCION DE UN ENLACE CON MULTIPLEXORES

En el caso de un TDM (multiplexación por división de tiempo), los órganos de vía realizan el ensamblaje y la serialización de caracteres en bits/s, y suministran las señales de reloj.

Las características de un multiplexor influyen en su eficacia para conjuntar los datos, y la flexibilidad en su empleo, ya sea individualmente, ya sea dentro de una red de datos. A continuación se estudian las principales características.

5.2. Eficacia.

Si consideramos un multiplexor que recibe datos de n vías de baja velocidad con cadencias de transferencia C_i (caracteres por segundo), y los emite en un solo tren sobre la vía de alta velocidad, de capacidad D .

En el caso de TDM, esta velocidad D caracteriza el circuito de datos de la vía compuesta. Si consideramos N_i el número de dígitos binarios por carácter en la vía i .

la *eficacia* de un multiplexor:

$$eficacia = \frac{\sum_{i=1}^n C_i N_i}{D}$$

C_i = caracteres por segundo.

N_i = Número de dígitos binarios por carácter en la vía.

D = Capacidad de la vía de alta velocidad.

Esta relación permite comparar distintos multiplexores que funcionan sobre la misma vía compuesta de velocidad D . El multiplexor más eficaz será el que permita obtener un mayor numerador en la expresión anterior.

5.3. Aptitud Para Mezclar Mensajes De Datos De Tipos Distintos.

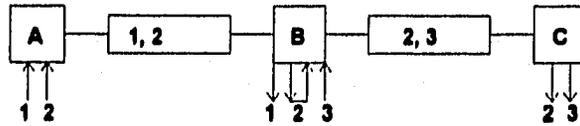
Los mensajes de datos que deben multiplexarse en un punto pueden diferir en el código, en la velocidad o en el modo de transmisión (síncrona o asíncrona). En la medida de lo posible, un mismo multiplexor debe aceptar distintos tipos de mensajes. Si no fuera así, se deberán emplear varios multiplexores, lo que disminuiría la eficacia del multiplexado.

5.4. Transferencia De Vías.

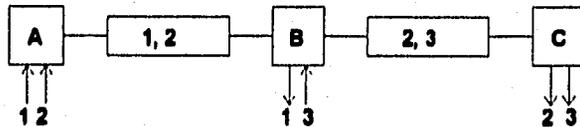
Para definir esta noción, podemos considerar tres multiplexores A, B y C, enlazados por dos líneas AB y BC. Pueden establecerse canales multiplexados entre A y C, ya sea demultiplexándolos y remultiplexándolos en B (canal 2 del caso b de la fig. 5.5.1.), ya sea transfiriéndolos directamente de AB a BC sin demultiplexarlos (canal 2 del caso c). Se dice en este caso que el multiplexor B puede efectuar la *transferencia de vías de baja velocidad* entre dos enlaces compuestos (a veces se habla también de tránsito de vías). La transferencia de vías permite reducir el costo del material de multiplexado y de circuitos de alta velocidad a la hora de implementar una red compleja.



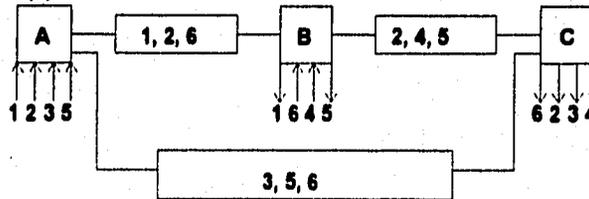
(a) Red punto a punto



(b) red de estrella sin transf. de canales en B.



(c) Red de estrella con transf. de canales en B.



(d) Red mallada con transf. de canales en A, B y C.

Fig. 5.5.1. TIPOS POSIBLES DE REDES CON MULTIPLEXORES

5.5 Transmisión De Señalización.

Además de los datos, un circuito compuesto debe poder transmitir otras informaciones relativas a cada circuito multiplexado, llamadas señalizaciones; tanto para permitir el diálogo entre multiplexores con fines de test (telecomando de bucles de órganos de vía, etc.), como para permitir diálogo entre los equipos conectados a ambos extremos del canal (transmisión de los cambios de estado de las señales de interfaz, petición de emisión, detección de portadora, indicador de llamada, etc.). A continuación se estudia un método práctico de realización de multiplexado.

CAPITULO 6

6. MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE TIEMPO.

La técnica de multiplexado temporal se ha desarrollado con el fin de obtener la mayor eficacia de multiplexado sobre un soporte telefónico clásico.

Para ilustrar el principio, consideremos un tren digital continuo a una velocidad de D bits/s (por ejemplo, $D=2400$ en la fig. 6.1.0.) establecido sobre un enlace entre dos multiplexores. Si descomponemos este tren en bloques sucesivos de longitudes idénticas de L bits, llamados tramas, y cada trama en sub-bloques de longitud λ_i bits, llamados *intervalos de tiempo* (IT). Los IT que ocupan la misma posición en dos tramas cualesquiera tienen la misma longitud. Se puede escribir que:

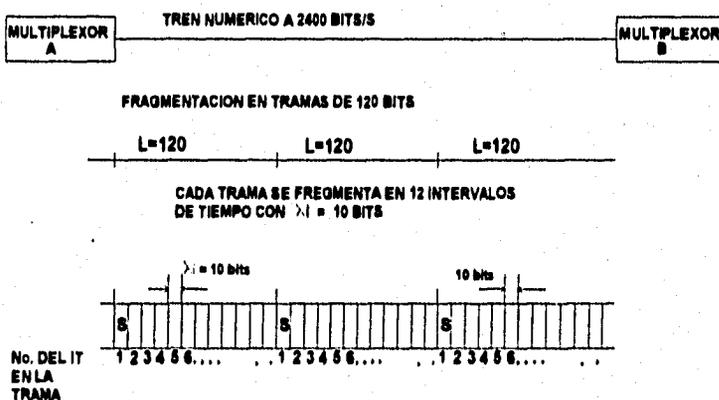


Fig. 6.1.0. PRINCIPIO DE MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO.

El ritmo de repetición de tramas es de (D/L) tramas por segundo. la sucesión de los intervalos de tiempo con el mismo número i de las diferentes tramas consecutivas constituye un circuito de datos llamado canal número i , capaz de transportar λ_i bits cada L/D segundos (por tanto, con velocidad $\lambda_i D/L$ bits/s).

Si suponemos que un canal de datos se utiliza en modo asíncrono con un código de palabras de l_i bits, y una cadencia de transferencia de C_i caracteres por segundo. Es posible transmitir sobre el canal i la información útil que se envía a condición de:

- almacenar temporalmente los l_i bits de cada carácter recibido en la vía de baja velocidad, en espera de transmitirlos en el primer IT que se presente para el canal i ,

El almacenamiento de caracteres en el multiplexor puede hacerse mediante dos registros de desplazamiento de λl_i bits, como se indica en la siguiente fig. 6.2.0.

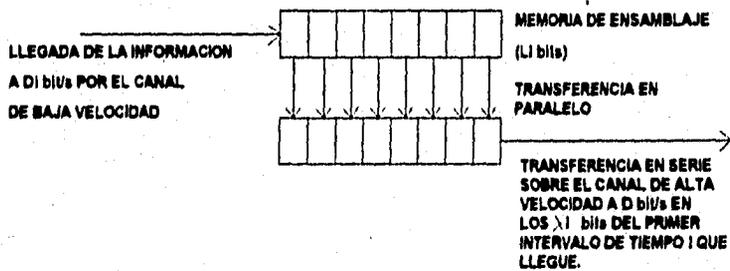


Fig. 6.2.0. MEMORIZACION DE LOS CARACTERES EN EL MULTIPLEXOR

En el otro extremo, el multiplexor almacena temporalmente los l_i bits de información recibidos, añade los elementos de START y STOP necesarios y transmite el carácter así reconstituido a velocidad D_i .

6.1. Mezcla De Circuitos Con Velocidades Distintas.

Un intervalo de tiempo capaz de transportar un flujo D_i , puede en general transportar el tráfico de una vía de baja velocidad con flujo inferior a D_i . Cuando sobre un mismo circuito compuesto hay que mezclar vías de baja velocidad de velocidades distintas, una primera solución consiste en organizar la trama en IT iguales, adecuados a la mayor velocidad de las vías de baja velocidad, y utilizarlos para transportar las vías de velocidades menores.

Esta solución es sencilla, pero disminuye la eficacia del multiplexado.

También son posibles otros métodos. Uno de ellos consiste en calcular la longitud L de la trama en función de la velocidad D_i más baja, y afectar varios IT de la misma trama, regularmente espaciados, al mismo canal. De este modo se crean canales de velocidades D_i , $2D_i$, $3D_i$.

6.2. Sincronismo De Trama.

Para que los multiplexores puedan reconocer el número de cada IT dentro de la trama, es preciso que puedan reconocer el principio de cada trama. Para ello el primer IT de cada trama no se afecta a ninguna vía de baja velocidad, sino que transmite permanentemente una combinación binaria particular, conocida tanto del emisor como del receptor, llamada carácter de sincronismo de trama, o simplemente carácter de sincronismo. Al principio de la transmisión, el receptor busca el carácter de sincronismo en la secuencia de datos que recibe por la vía compuesta. Cuando lo encuentra, verifica que ésta combinación se volverá a presentar una trama más adelante (al cabo de L bits; la longitud L de la trama es uno de los parámetros que debe darse a todo multiplexor). Si es así, el sincronismo de trama es correcto, y la información contenida en cada IT puede llevarse a las vías de baja velocidad correspondientes. Se dice entonces que los dos multiplexores se han sincronizado. En caso contrario, el receptor recomienza la búsqueda del carácter de sincronismo.

A lo largo de la transmisión, el receptor comprueba continuamente la presencia del carácter de sincronismo al principio de cada trama. Si la comprobación resulta negativa por dos veces consecutivas, el receptor bloquea la emisión de datos sobre las vías de baja velocidad y genera una señal de alarma (pérdida de sincronismo).

6.3. Transmisión De La Señalización.

Basta tomar $\lambda_i = //i + 1$. El bit suplementario indica, según su valor, si los $//i$ bits restantes del IT son datos o bien informaciones de señalización: cambios de estado en el interfaz de baja velocidad, comandos de puesta en bucle, información sobre el estado de transmisión en la vía de baja velocidad (ausencia de datos, señal BREAK, resultados de tests, etc...).

CAPITULO 7

7. ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE 2M Y JERARQUIZACION.

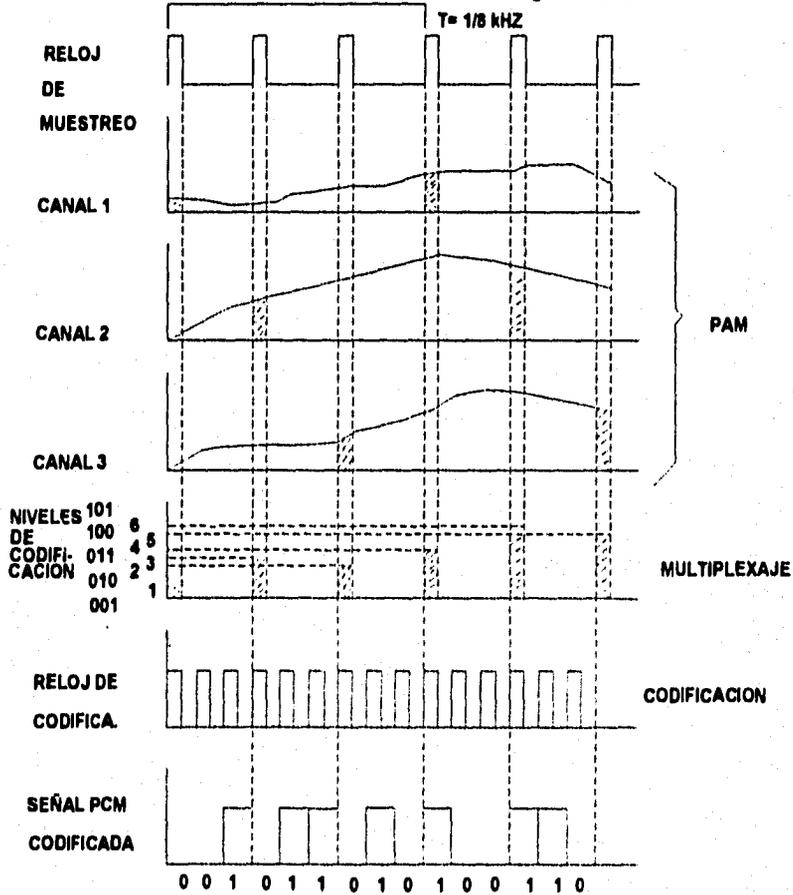
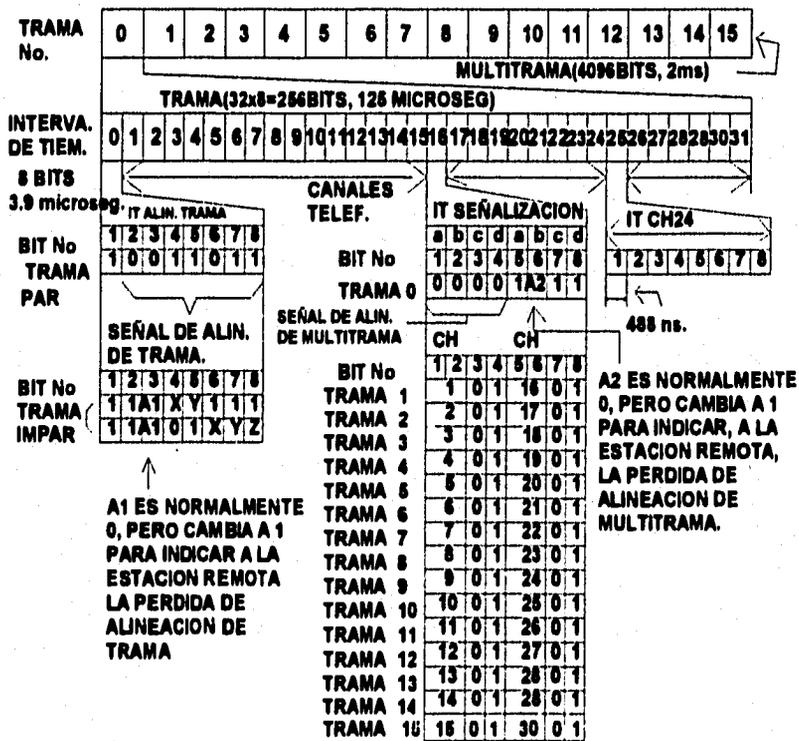


FIG. 7.1.

Las distintas administraciones europeas han normalizado un multiplex telefónico de 30 canales. De hecho la trama comporta 32 intervalos de tiempo(IT) de 8 bits, numerados del 0 al 31. El IT 0 se utiliza como alineamiento y para la transmisión de diferentes señales de alarma y servicio; el IT 16 transporta la señalización de la Multitrama. Cada intervalo transporta 8 bits cada $125 \mu\text{s}$, o sea $8 \times 8000 = 64 \text{ Kbit/s}$. Esta cadencia del canal telefónico

digital puede en definitiva utilizarse también para transmitir datos. La capacidad total de canales es de $64 \times 32 = 2048$ Kbit/s (en la figura 7.2. se muestra un diagrama general de la estructura de la trama mencionada).



IT = INTERVALO DE TIEMPO.

FIG. 7.2. Estructura de trama de 2, 048 kbit/s.

CAPITULO 8

8. ESTRUCTURA DE TRAMA A 2048 kbit/s.

8.1. Longitud de trama.

Cada trama está formada por 256 bits, numerados del 1 al 256. La frecuencia de repetición de trama es de 8000 Hz.

8.2. Asignación de los bits de la trama numerados del 1 al 8.

La asignación de los bits de la trama numerados del 1 al 8 se indica en el cuadro 8.2.1.

NUMERO DEL BIT	1	2	3	4	5	6	7	8
TRAMAS ALTERNADAS								
TRAMA QUE CONTIENE LA SEÑAL DE ALINEACION DE TRAMA	SI	0	0	1	1	0	1	1
TRAMA IMPAR QUE NO CONTIENE LA SEÑAL DE ALINEACION DE TRAMA	SI	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
	NOTA1	SEÑAL DE ALINEACION DE TRAMA						
	NOTA1	NOTA2	NOTA3	NOTA 4				

CUADRO 8.2.1.

Nota 1- SI = bits reservados para uso internacional(En el siguiente párrafo se describe un uso específico). En etapas posteriores se podrán definir otros usos posibles. Si ninguno de estos usos se realiza en la practica, se deberán poner estos bits a 1 en los trayectos digitales que atraviesan una frontera internacional. No obstante, se pueden utilizar en el ámbito nacional si el trayecto digital no atraviesa una frontera.

Nota 2- Este bit se pone a 1 para evitar simulaciones de la señal de alineación de trama.

Nota 3- A = indicación de alarma distante. En funcionamiento normal, puesto a 0; en condición de alarma, puesto a 1.

Nota 4- Sa4 a Sa8 = bit adicionales de reserva que pueden utilizarse como sigue:

i) Los bits Sa4 a Sa8 pueden ser recomendados por el CCITT para uso en aplicaciones punto a punto específicas (por ejemplo, equipos transcodificadores).

ii) El bit Sa4 puede ser recomendado por el CCITT como un enlace de datos basado en mensajes para operaciones, mantenimiento y monitorización de la calidad de funcionamiento. Este canal se origina en el punto en que se genera la trama y termina donde se separa la trama.

iii) Los bits Sa5 a Sa7 son para uso nacional cuando no se les necesita para aplicaciones punto a punto específicas.

Los bits Sa4 a Sa8 (cuando no se utilizan) deben ponerse a 1 en enlaces que atraviesan fronteras internacionales.

CAPITULO 9

9. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO VRC-4 MEDIANTE EL BIT 1 DE LA TRAMA.

9.1. Uso especial del bit 1 de la trama.

Cuando es preciso suministrar protección adicional contra la simulación de la señal de alineación de trama y/o cuando es preciso contar una capacidad mejorada de monitorización de errores, se utilizara el procedimiento de verificación por redundancia ciclica-4(VRC-4), como se especifica a continuación.

Nota- En el diseño del equipo capaz de aplicar el procedimiento VRC-4 debe preverse la posibilidad de interfuncionamiento con equipos que no permitan aplicar la VRC, pudiéndose determinar esta opción en una norma manual (por ejemplo mediante puentes). En tal caso de interfuncionamiento, el bit 1 de la trama debe ponerse a 1 en ambos sentidos de transmisión.

La asignación de los bits 1 a 8 de la trama se indica en el cuadro 9.1.1. para el caso de una multitrama VRC-4 completa.

	SUBMULTITRAMA (SMT)	NUMERO DE TRAMA	BITS 1 A 8 DE LA TRAMA							
			1	2	3	4	5	6	7	8
MULTITRAMA	I	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		2	C2	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		4	C3	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		6	C4	0	0	1	1	0	1	1
	7	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	
	II	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		10	C2	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		12	C3	0	0	1	1	0	1	1
		13	E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		14	C4	0	0	1	1	0	1	1
15		E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	

CUADRO 9.1.1.

Nota 1 - E = bits de indicación de error VRC-4.

Nota 2 - Sa4 a Sa8 = bits de reserva.

Nota 3 - C1 a C4 = bits de verificación por redundancia ciclica-4 (VRC-4).

Nota 4 - A = indicación de alarma distante.

Cada multitrama VRC-4, compuesta de 16 tramas numeradas de 0 al 15, se divide en dos submultitramas(SMT) de 8 tramas, denominadas SMT I y SMT II, lo que indica su orden respectivo de aparición dentro de la estructura de multitrama VRC-4. La SMT constituye el tamaño del bloque de verificación por redundancia ciclica 4(VRC-4)(o sea, 2048 bits).

La estructura de multitrama VRC-4 no está relacionada con el uso posible de una estructura de multitrama en el intervalo de tiempo de canal 16 a 64 kbit/s.

9.2. Uso del bit 1 en la multitrama VRC-4 a 2048 kbit/s.

En las tramas que contienen la señal de alineación de trama, el bit 1 se utiliza para transmitir los bits VRC-4. En cada SMT hay cuatro bits VRC-4 denominados C1, C2, C3, C4.

En las tramas que no contienen la señal de alineación de trama, el bit 1 se utiliza para transmitir la señal de alineación de multitrama VRC-4, de 6 bits, y los dos bits(E) de indicación de error VRC-4.

La señal de alineación de multitrama VRC-4 es de la forma **001011**.

Los bits E pueden utilizarse para indicar submultitramas con errores recibidas pasando el estado binario de un bit E de 1 a 0 para cada submultitrama con errores. Todo retardo en la detección de una submultitrama con errores y la fijación del bit E que indica el estado de error debe ser inferior a 1 segundo.

Nota 1 - Los bits E se tomarán siempre en cuenta incluso si se halla que la submultitrama que los contiene tiene errores, puesto que hay poca probabilidad de que los bits E tengan errores.

Nota 2 - A corto plazo, puede haber, en algunos países, equipos que no utilizan los bits E, en este caso, los bits E se ponen a UNO binario.

CAPITULO 10

10. VERIFICACIÓN POR REDUNDANCIA CÍCLICA

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

10.1. Proceso de multiplicación/división.

Una palabra VRC-4 específica, situada por ejemplo en la submultitrama N, es el resto que queda después de multiplicar el polinomio correspondiente a la submultitrama N-1 por X^4 y de dividir el resultado por el polinomio generador $X^4 + X + 1$.

Nota - Al representar el contenido del bloque de verificación en forma de polinomio, el primer bit del bloque, o sea, el bit 1 en la trama cero o el bit 1 en la trama 8, debe ser considerado como el bit más significativo. de manera similar se define C1 como el bit más significativo del resto y C4 como el bit menos significativo del resto.

10.2. Procedimiento de codificación.

- i) Los bits VRC-4 de la SMT se sustituyen por ceros binarios.
- ii) La SMT se somete al proceso de multiplicación/división.
- iii) Se almacena el resto del proceso de multiplicación /división, que queda listo para ser introducido en las posiciones de bit VRC-4 respectivas de la SMT siguiente.

Nota - Los bits VRC-4 generados de esta manera no influyen en el resultado del proceso de multiplicación/división aplicado en la SMT siguiente porque, tal como se indica en el apartado i), las posiciones de bit VRC-4 en una SMT se ponen inicialmente a cero en el proceso de multiplicación/división.

10.3. Procedimiento de decodificación.

- i) Una SMT recibida se somete al proceso de multiplicación/división después de extraerle los bits VRC-4 y reemplazarlos por ceros.
- ii) Se almacena el resto de la división, y a continuación se compara bit por bit con los bit VRC recibidos en la SMT siguiente.
- iii) Si el resto calculado por el decodificador corresponde exactamente a los bits VRC-4 recibidos en la SMT siguiente, se supone que la SMT verificada no contiene errores.

CAPITULO 11

11. UTILIZACIÓN DE OTROS INTERVALOS DE TIEMPO DE CANAL A 64 Kbit/s.

Cada uno de los intervalos de tiempo de canal 1 a 15 y 17 a 31 a 64 kbit/s puede contener, por ejemplo, una señal digital a 64 kbit/s o una señal de banda vocal codificada en PCM. de acuerdo al estándar europeo CCITT(ley A) usado también en México, que tiene un valor estándar de $A = 87.56$ (parámetro de compresión).

En la mayoría de los sistemas PCM prácticos, se usa la compresión para tener un granulado más fino(más pasos) para las señales de amplitud más pequeña. La función de compresión y la posterior de expansión siguen una de las dos leyes, la ley A o la ley "mu"(μ). Las curvas de segmentos son una buena ayuda para codificar. Considerando el sistema europeo de la ley A de 13 segmentos. El primer elemento de código indica si el paso de cuantificación está en la mitad positiva o negativa de la curva. Por ejemplo, si el primer elemento del código fuera 1 indicaría que el valor es positivo (es decir, el paso de cuantificación está arriba del origen). Los tres elementos(bits) siguientes del código identifican al segmento puesto que hay siete segmentos arriba y siete segmentos abajo del origen(eje horizontal), los cuatro últimos bits de la palabra constituyen la codificación final del segmento.

Codificación: Polaridad	Zona de Segmento	Nivel de Cuantif. en el seg.
+...1	7 seg	2^4 ó 16 niveles
- 0		
MSBLSB		
b7	b6 b5 b4	b3 b2 b1 b0

El intervalo de tiempo de canal a 64 kbit/s número 16 puede utilizarse para señalización. Cuando no se necesita para señalización podrá, en algunos casos, utilizarse para un canal a 64 kbit/s, de la misma manera que los intervalos de tiempo 1 a 15 y 17 a 31.

11.1. Señalización.

Se recomienda la utilización del intervalo de tiempo de canal 16 a 64 kbit/s numero 16 para la señalización por canal común o asociada al canal, según el caso.

CAPITULO 12

12. ESTRUCTURA DE MULTITRAMA.

Una multitrama comprende 16 tramas consecutivas numeradas del 0 al 15.

La señal de alineación de multitrama es 0000 y ocupa los intervalos de tiempo de dígito 1 a 4 del intervalo de tiempo de canal a 64 kbit/s número 16 de la trama 0 (fig. 7.2.).

12.1. Asignación del intervalo de tiempo de canal a 64 kbit/s número 16.

Cuando el intervalo de tiempo de canal a 64 kbit/s número 16 se utiliza para la señalización asociada al canal, la capacidad de 64 kbit/s se submultiplexa para formar canales de menor velocidad de señalización utilizándose como referencia la señal de alineación de multitrama.

Los detalles de la asignación de los bits figuran en el cuadro 12.1.1.

INTERVALO DE TIEMPO DE CANAL 16 DE LA TRAMA 0	INTERVALO DE TIEMPO DE CANAL 16 DE LA TRAMA 1		INTERVALO DE TIEMPO DE CANAL 16 DE LA TRAMA 2		---	INTERVALO DE TIEMPO DE CANAL 16 DE LA TRAMA 15	
0000 xyxx	abcd CANAL 1	abcd CANAL 16	abcd CANAL 2	abcd CANAL 17	---	abcd CANAL 15	abcd CANAL 30

CUADRO 12.1.1.

Nota 1 - Los números de canal son números de canales telefónicos. Los intervalos de tiempo de canal, a 64 kbit/s números 1 a 15 y 17 a 31 se asignan a canales telefónicos numerados del 1 al 30.

Nota 2 - Esta asignación de bits proporciona cuatro canales de señalización a 500 bit/s, denominados a, b, c, d, respectivamente, para telefonía y otros servicios.

Nota 3 - Si no se utilizan los bits b, c o d, se les deberá poner a los siguientes valores:

b = 1, c = 0, d = 1.

Se recomienda no utilizar la combinación 0000 de los bits a, b, c y d para fines de señalización para los canales 1 a 15.

Nota 4 - x = bit de reserva, se pone a 1 si no se utiliza.

y = bit utilizado para indicación de alarma al extremo distante.

En condición de funcionamiento normal se pone a 0; en condición de alarma se pone a 1.

La tabla 12.1.2. muestra la señalización asociada a cada canal, y lo que significa cada señal.

NUMERO DE SEÑAL	SEÑAL	DIRECCION	CODIGO DE LINEA DE PCM			
			AVANCE		RETROCESO	
			af	bf	ab	bb
1	LIBRE	-----	1	0	1	0
(A)	LLAMADA DEL ABONADO A LA CENTRAL					
2	DESCOLGADO DEL ABONADO A	—————>	0	0	1	0
3a	SEÑALIZACION DE REGISTRADOR	—————>	>0 >1	0	1	0
3b	SEÑALIZACION DE REGISTRADOR (MFC)	—————>	0	0	1	0
4	CONVERSACION	-----	0	0	1	0
5	COLGADO DEL ABONADO A	—————>	1	0	1	0
(B)	LLAMADA DE LA CENTRAL AL ABONADO					
6	TIMBRADO	←————	1	0	0	0
7	DESCOLGADO DEL ABONADO A (CONVERSACION)	—————>	0	0	1	0
8	COLGADO DEL ABONADO A	—————>	1	0	1	0

CUADRO 12.1.2 Códigos del sistema de señalización de Unidades de Canal.

CAPITULO 13

13. JERARQUÍA.

Los *multiplex primarios de 30 canales* se agrupan en conjuntos de 4 para formar un *multiplex de segundo orden de 120 canales* a 8,448 Mbit/s. Esta velocidad es ligeramente superior a la suma de las cuatro velocidades primarias ya que hay que insertar dentro de la trama de 8 Mbit/s información de relleno que permita identificar los 4 *multiplex* constituyentes, y permitir que cada uno de ellos pueda funcionar a 2Mbit/s con su propio reloj sin sincronizarse con los demás. Posteriormente, 4 señales a 8 Mbit/s pueden multiplexarse a 34 M bit/s para formar un *multiplex terciario* de 480 canales. Finalmente 4 señales a 34 M bit/s pueden multiplexarse a 140 M bit/s para formar un *multiplex cuaternario* de 1920 canales.

Las informaciones así procesadas por los equipos de un extremo se transmiten sobre distintos soportes. la capacidad del soporte puede corresponder o no al orden jerárquico de los multiplexajes, de la misma manera que el equipo de línea puede incluir equipo «jerárquico» y equipo «fuera de jerarquía». Lo mismo que en el caso analógico, es necesario compensar las pérdidas de propagación, lo que se hace con *repetidores-regeneradores* que restauran la señal original, extrayendo la señal de reloj necesaria de la propia señal de línea recibida. En la transmisión digital, la regeneración permite que las distorsiones de línea no se acumulen, y por ello pueden utilizarse soportes de calidad mediocre, en especial en lo concerniente al ruido.

El PCM de 30 canales, utilizado especialmente en conexión con las centrales de abonado, se transmite frecuentemente sobre pares simétricos con una señal de 3 niveles o bipolar. Esta señal no presenta componente continua, y la detección de violaciones a la regla de bipolaridad permite una supervisión de la calidad del enlace.

Para intercambios a nivel regional, el *multiplex de segundo orden de 120 canales* es adecuado, y puede transmitirse por pares simétricos especiales.

A nivel nacional, son más interesantes los sistemas de gran capacidad(140 Mbit/s) sobre cable coaxial, aunque es previsible la entrada en este campo de los radioenlaces digitales trabajando entre 10 y 20 GHz.

CONCLUSIONES

Como podemos ver las telecomunicaciones hacen posible la comunicación eléctrica a distancia. y en este caso el punto fundamental de la transmisión se ejemplifico con el canal telefónico o canal de voz.

Se pudo ver que en la transmisión analógica, la señal que transporta la información es continua, en la transmisión digital es discreta y la forma más simple de transmisión digital es la binaria, en la cual a cada elemento de información se le asigna uno de dos posibles estados. El bit puede valer 1 ó 0, por lo que podemos ver se puede codificar cierto número de bits para identificar una gran cantidad de información, también se concluye que la transmisión digital presenta ventajas notables con respecto a la transmisión analógica como es que el ruido no se acumula en los repetidores.

Existen también normas internacionales que regulan las telecomunicaciones a las cuales se apega México para evitar conflictos y esto redundar en beneficio para todos.

BIBLIOGRAFÍA

-INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES Y REDES DE ORDENADORES.

JOHN FREER.

EDITORIAL ANAYA(Multimedia).

-INGENIERÍA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.

ROGER L. FREEMAN.

NORIEGA EDITORES.

-ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS.

Fundamental Trough Advanced.

WAYNE TOMASI.

MESA COMMUNITY COLLEGE.

EDITORIAL PRENTICE HALL.

-INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.

P. H. SMALE.

EDITORIAL TRILLAS.

-ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS.

GEORGE KENEDDY.

EDITORIAL Mc. GRAWHILL.

-REFERENCE MANUAL FOR TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING.

ROGER L. FREEMAN.

A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION.